

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

?s an=10-198053
S4 1 AN=10-198053
?t s4/5/1

4/5/1
DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06433834 **Image available**
ZOOM LENS

PUB. NO.: 2000-019400 [JP 2000019400 A]
PUBLISHED: January 21, 2000 (20000121)
INVENTOR(s): NAKAYAMA HIROKI
APPLICANT(s): CANON INC
APPL. NO.: 10-198053 [JP 98198053]
FILED: June 29, 1998 (19980629)
INTL CLASS: G02B-015/20; G02B-005/18; G02B-013/22

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a zoom lens being optimum for a liquid crystal projector having excellent optical performance extending over a whole variable power range to a telephoto end from a wide angle end and extending over a whole object distance to an extremely closest distance object from an infinite distance object.

SOLUTION: This zoom lens is provided with five lens groups being the 1st group L1 whose refractive power is negative, the 2nd group L2 whose refractive power is positive, the 3rd group L3 whose refractive power is negative, the 4th group L4 whose refractive power is positive and the 5th group L5 whose refractive power is positive in order from a 1st conjugate point whose distance is long. Then, a variable power action to the telephoto end from the wide angle end is executed by moving the 2nd and the 4th groups to the 1st conjugate point. Besides, at least one lens group out of the respective lens groups is provided with at least one diffraction type optical element being asymmetric with respect to an optical axis.

COPYRIGHT: (C)2000, JPO

(11)特許出版公開番号

特開2000-19400

(P2000-19400A)

(43)公開日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 2 B 15/20		G 0 2 B 15/20	2 H 0 4 9
5/18		5/18	2 H 0 8 7
13/22		13/22	

審査請求 未請求 請求項の数8 FD (全 18 頁)

(21)出願番号	特願平10-198053	(71)出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	平成10年6月29日(1998.6.29)	(72)発明者	中山 博喜 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
		(74)代理人	100086818 弁理士 高梨 幸雄

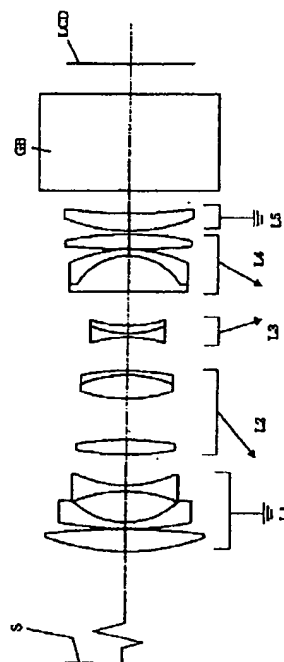
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した液晶プロジェクターに好適なズームレンズを得ること。

【解決手段】 距離の長い方の第1 共役点から順に負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2 群、負の屈折力の第3群、正の屈折力の第4群、そして正の屈折力の第5群の5つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第2群と第4群を第1共役点側へ移動させて行い、前記各レンズ群のうち少なくとも一方のレンズ群は光軸に対し、対称な回折型光学素子を少なくとも1つ有していること。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 距離の長い方の第1 共役点から順に負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、負の屈折力の第3群、正の屈折力の第4群、そして正の屈折力の第5群の5つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第2群と第4群を第1共役点側へ移動させて行い、前記各レンズ群のうち少なくとも一方のレンズ群は光軸に対し、対称な回折型光学素子を少なくとも1つ有していることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 広角端から望遠端への変倍において前記第2群と第3群の間隔は広角端に比べて望遠端で広く、前記第3群と第4群の間隔は広角端に比べて望遠端で狭くなっていることを特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項3】 前記第3群は変倍に際して固定であることを特徴とする請求項2のズームレンズ。

【請求項4】 前記第1群と第5群は変倍に際して固定であることを特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項5】 前記第1群を光軸上移動させてフォーカスを行っていることを特徴とする請求項1、2、3又は4のズームレンズ。

【請求項6】 前記第1群の焦点距離を f_1 、全系の広角端と望遠端の焦点距離を各々 f_W 、 f_T としたとき
 $1 < |f_1|/f_T| < 2$ 、3

【数1】

$$0.6 < f_2/\sqrt{f_W \cdot f_T}$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項7】 全系の射出瞳から距離の短い第2共役点までの距離を TK としたとき

$$4 < TK/f_W$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項6のズームレンズ。

【請求項8】 前記ズームレンズはテレセントリック系より成っていることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ズームレンズに関し、特にレンズ系後方に色合成プリズムや色合成ミラーや各種のフィルターを有した液晶ビデオプロジェクター等に好適なテレセントリック系で、しかも画面全体にわたり良好な光学性能を有するバックフォーカスの長いズームレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】従来よりレンズ系の後方に色合成プリズム、偏光フィルター、カラーフィルター等の各種の光学部材を配置した液晶ビデオプロジェクター用のバックフォーカスが比較的長いレンズ系（投影レンズ系）が種々

と提案されている。

【0003】このようなレンズ系が、例えば、特開昭62-291613号公報や特開平3-145613号公報等で提案されている。

【0004】これらのうち特開昭62-291613号公報のレンズ系は歪曲収差が-5%程度ある。また、特開平3-145613号公報のレンズ系は非点収差が大きくなる傾向があった。

【0005】更に、RGB各色による画像の大きさのずれ、すなわち倍率色収差が大きいため高精細な液晶表示素子の画像を投影したときに、色のずれが目立つことがあった。

【0006】また、諸収差の補正とレンズ枚数の減少のためには、従来よりレンズ系の一部に非球面を用いることが知られている。非球面を用いるとレンズ枚数の削減と球面では得られない収差補正効果が期待でき有効である。

【0007】高画素対応のレンズ系においては諸収差の除去のうち、色収差の補正が特に重要となってくる。しかしながら非球面では色収差の良好な補正は難しい。

【0008】最近ではレンズ系の収差を抑えるために構成レンズ群の数を増して、各レンズ群の収差分担を小さくして自由度を増やすズームレンズが多く提案されている。

【0009】レンズ系としてズームレンズを用いたとき、色収差については第1群で補正し、特に第1群で色収差の発生を小さく抑える必要がある。そうしないと、主変倍群である第2群以降のレンズ群の移動によって色収差のズーミングに伴う変動が大きくなってくる。

【0010】また第2群以降の変倍群においても色収差等の変動を小さくさせる必要がある。そのために従来では、各レンズ群を構成するレンズは、複数の分散値の異なる材質より成るレンズを多用し色消しを行っていた。また負レンズと正レンズを貼り合わせて補正していた。そのため各レンズ群を構成するレンズ枚数が多くなりレンズ系全体が大型化する傾向があった。

【0011】一方、色収差の発生、変動を小さく抑える方法として近年回折作用を有した回折型光学素子（回折光学素子）を撮像光学系に応用する提案がなされている。

【0012】例えば特開平4-213421号公報、特開平6-324262号公報等で回折光学素子を用いた光学系が提案されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】前述の回折光学素子を用いた光学系は単レンズに回折光学素子を応用したものであり、色収差に対する言及はあるが、ズームレンズ特有の色収差のズーミングによる変動の除去等の考察、記載はなく、ズームレンズへの応用は行われていない。

【0014】ズームレンズへの応用に関しては米国特許

(USP) 5,268,790 号公報で、全体として4つのレンズ群より成るズームレンズが提案されている。該従来例は主変倍群である第2群もしくは補正群である第3群に回折型光学素子を用いることを提案しており、第1群については従来通りのレンズ構成であった。この構成では第1群で発生する色収差はそのままであり、ズームに伴い、その色収差は第2群等変倍群の移動により増倍あるいは変動することになり効率的ではなかった。

【0015】本発明は、全体として5つのレンズ群を有し、このうち所定のレンズ群に回折光学素子を適切に設定することにより、非点収差及び歪曲収差が少なく、かつ、高精細の液晶に対応した倍率色収差が良好に補正したバックフォーカスの長いテレセントリック系のズームレンズの提供を目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、(1-1)距離の長い方の第1共役点から順に負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、負の屈折力の第3群、正の屈折力の第4群、そして正の屈折力の第5群の5つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第2群と第4群を第1共役点側へ移動させて行い、前記各レンズ群のうち少なくとも一方のレンズ群は光軸に対し、対称な回折型光学素子を少なくとも1つ有していることを特徴としている。

【0017】

【発明の実施の形態】図1、図4、図7、図10、図13は各々本発明の数値実施例1～5のレンズ断面図である。図中Sはスクリーン面、LCDは被投影画像としての液晶表示素子である。スクリーン面Sは距離の長い方の第1共役点側にある。液晶表示素子LCDは距離の短い方の第2共役点にある。

【0018】図中、L1は負の屈折力の第1群(第1レ

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda (C1 \cdot h^2 + C2 \cdot h^4 + \dots + Ci \cdot h^{2i})$$

..... (a)

(a)式より明かのように光軸からの距離hによって位相を調整している。レンズ径が大きければ大きい程、高次の係数の影響を大きくすることができるようになっていく。

【0025】次に、本発明の数値実施例を説明する。図1の数値実施例1はズーム中、固定の第1レンズ群に回折光学素子を導入した例である。広角端から望遠端へのズームは第2群、第4群が第1共役点側へ移動し、第3群が第2共役点側に単調移動している。第5群はズーム中固定である。

【0026】図4の数値実施例2もズーム中、固定の第1レンズ群に回折光学素子を導入した例である。広角端から望遠端へのズームは第2群、第4群が第1共役点側へ移動し、第3群が第1共役点側に移動した後、第2共役点側に戻る動き(第1共役側に凸の軌跡)

ンズ群)、L2は正の屈折力の第2群(第2レンズ群)、L3は負の屈折力の第3群(第3レンズ群)、L4は正の屈折力の第4群(第4レンズ群)、L5は正の屈折力の第5群(第5レンズ群)である。GBは赤外カットフィルター等のガラスブロックである。液晶表示素子LCDは像面に相当している。

【0019】矢印は広角端から望遠端への変倍(ズーム)を行う際の各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0020】本発明では広角端から望遠端への変倍に際して第2群L2と第4群L4を第1共役点側へ移動させている。

【0021】このとき第2群と第3群との間隔が増大し、第3群と第4群との間隔が減少するようにしている。第3群は変倍に際して固定又は第2共役点側へ単調に若しくは第1共役点側に凸状の軌跡を有しつつ移動させている。第1群と第5群は変倍に際して固定である。

【0022】第1群L1を移動させてフォーカスを行っている。第1群から第5群のうち少なくとも1つのレンズ群に光軸に対して回折対称な回折光学素子を少なくとも1つ設けている。

【0023】本実施形態における回折光学素子は、ホログラフィック光学素子(HOE)の製作手法であるリソグラフィック手法で2値的に製作している。回折光学素子はバイナリーオプティクス(BINARY OPTICS)で製作しても良い。この場合、更に回折効率を上げるためにキノフォームと呼ばれる鋸状の形状にしても良い。またこれらの方法で製作した方によって成型により製造しても良い。

【0024】また本実施形態における回折光学素子の形状は、基準波長(d線)をλ、光軸からの距離をh、位相をφ(h)としたとき

をするものである。第5群はズーム中固定である。

【0027】図7の数値実施例3はズーム中、固定の第1レンズ群と第5レンズ群に群に回折光学素子を導入した例である。広角端から望遠端へのズームは第2群、第4群が第1共役点側へ移動し、第3群が第1共役点側に移動した後、第2共役点側に戻る動き(第1共役側に凸の軌跡)をするものである。第5群はズーム中、固定である。

【0028】図10の実施例4は第1レンズ群と第2レンズ群に群に回折光学素子を導入した例である。広角端から望遠端へのズームは第2群、第4群が第1共役点側へ移動し、第3群が第1共役点側に移動した後、第2共役点側に戻る動き(第1大きな共役点側に凸の軌跡)をするものである。第5群はズーム中固定である。この中の第9番目の回折光学素子は平板ガラス状の

上に回折面を施したものである。

【0029】図13の数値実施例5は第1レンズ群と第4レンズ群に群に回折光学素子を導入した例である。広角端から望遠端へのズームは第2群、第4群が第1共役点側へ移動し、ズームに際し第1群、第3群、第5群は固定になっているものである。

【0030】図中Liは第i群(i=1~5)である。L1からL5までがズームレンズ部であり、接続部材Cを介して液晶ビデオプロジェクター本体に装着されている。したがってガラスブロックGB以降の液晶表示素子LCD側はプロジェクター本体に含まれる。

【0031】以上の各数値実施例では広角端から望遠端への変倍に際して矢印のように移動させている。又、第1群を光軸上移動させてフォーカスを行っている。

【0032】また、この第1レンズ群に非球面を設けるのが良く、これによれば更に性能を上げることができ

る。

【0033】また更に良好な収差補正、特に軸外のフレアや歪曲を色収差を良好に補正するためには、第1群中に少なくとも1枚の非球面レンズそして少なくとも1枚の光軸に対して回転対称な回折型光学素子を有することが有効である。先にも述べたように、液晶表示素子の高精細化にともない、従来あまり問題にならなかった解像力が問題となりこれに大きく起因する収差を良好に補正する必要がでてきた。該第5群中に非球面を配置することにより軸外のフレアを良好に補正することが可能となった。また、該第4群は比較的軸外光線が光軸より離れたところを通過するため、該回折型光学素子を配置することにより、倍率色収差を良好に補正することが可能になり更に性能が向上する。

【0034】また、良好な収差補正、特に色収差を良好に補正するためには、第5群中に少なくとも1枚の光軸に対して回転対称な回折型光学素子を有することである。先にも述べたように、液晶表示素子の高精細化にともない、従来あまり問題にならなかった色収差、特に倍率色収差を良好に補正することが可能となる。

【0035】尚、本発明の目的とするズームレンズは以上の構成要件を有することにより達成されるが更に好ましくは次の諸条件のうちの少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0036】(7-1) 広角端及び望遠端における全系の焦点距離をfw、f_rとし、第i群の焦点距離をfiとすると

$$0.8 < |f_1/f_2| < 2.3 \dots\dots (1)$$

【0037】

【数2】

$$0.6 < f_2/\sqrt{f_w \cdot f_r} \dots\dots (2)$$

なる条件式を満足するのが良い。

【0038】上の式(1)、(2)は主変倍群である第

2レンズ群と第1レンズ群の関係を適切に規定したものである。

【0039】(1)式の下限値を逸脱すると第1レンズ群で決まる前玉径が大きくなり、また広角端での歪曲収差が大きくなり適当でない。また上限値を逸脱すると所望の変倍比を得るために第2レンズ群の移動量を大きくする必要があり全系が大型化し適当でない。

【0040】(2)式は主変倍群のパワーを適切にするもので下限値を超えると像面が補正過剰となり適当でない。また上限値を超えると所望の変倍比を得るために第2レンズ群の移動量を大きくする必要があり全系が大型化し適当でない。

【0041】(7-2) 本発明においては以下の条件式を満たすことがレンズ系全体を略テレセントリック性を保つのに好ましい。

$$|Tk|/fw > 4 \dots\dots (3)$$

但しTkは距離の短い第2共役点側からズームレンズの射出瞳までの距離(ズーム中の絶対値が最小値のパネル(像面)から射出瞳までの距離)である。

【0043】ここで言っている略テレセントリック性というのは液晶素子の配光特性、または複数の色光を合成する時の色合成ダイクロミックミラーの角度依存の影響を排除する為に、射出瞳が遠方にあることを示す。具体的にはその角度依存性を排するためには必要な条件である。

【0044】更に望ましくは条件式(3)の数値は以下の範囲に入っていることが望ましい。

【0045】

$$|Tk|/fw > 9.0 \dots\dots (3a)$$

(7-3) 歪曲を適正に補正するためには以下の式を満たしていることが好ましい。

$$1 < |f_1|/fw < 2 \dots\dots (4)$$

この式の上限値を逸脱すると広角端の歪曲が、下限値を超えると望遠端の歪曲を適正にできなくなる。

【0047】(7-4) 第1群内に回折型光学素子を配置すると、適当に回折型光学素子の位相を選択することにより第1群で発生する倍率色収差、例えばd線とg線といった2波長の倍率色収差は小さく抑えられ、全体としての倍率色収差のズームによる変動を小さく抑えらる。しかも望遠端に残存する軸上色収差(2次スペクトル)の量は悪化しないものとなる。

【0048】(7-5) 第2群以降のレンズ群に回折型光学素子を配置するのが良い。そして適当に回折型光学素子の位相を選択することにより第2レンズ群以降で発生する倍率色収差、例えばd線とg線といった2波長の倍率色収差は小さく抑えられ、全体としての倍率色収差のズームによる変動を小さく抑えられる。しかも望遠端に残存する軸上色収差(2次スペクトル)の量は悪化しない。

【0049】(7-6) 前述の(7-4)又は(7-5)の双方を

同時に満足するように構成することにより、高度な色収差補正を達成して良好な光学性能を維持しつつ更なる小型化を達成できるようになる。

【0050】(7-7) 本発明に係る回折型光学素子面は前述の式(a)で表せられるものであり、テレセントリックなズームレンズにおいて、効率的に係数を生かして、有効な収差補正を達成するには以下の条件を満たすのが好ましい。

$$\text{【0051】 } f_i \cdot C_1 < 0 \quad \dots\dots (5)$$

$$1 \times 10^{-4} < |C_2 / C_1| < 1 \quad \dots\dots (6)$$

$$1 \times 10^{-7} < |C_3 / C_1| < 1 \times 10^{-1} \quad \dots\dots (7)$$

この条件式を外れると、収差補正が難しくなるだけでなく回折型光学素子が作りにくくなり適当でない。

【0054】(7-9) 第1群内または第2群内または第3群内の少なくとも1つのレンズ群に回折型光学素子を配置するのが良い。この回折型光学素子により、各群で発生する倍率色収差を小さく抑えられ、第2群の移動による倍率色収差のズーミングによる変動も小さく抑えられるような構成となる。

【0055】(7-10) 本発明に係る回折型光学素子は、光学面の上に施されるのであるが、そのベースは球面もしくは平面あるいは非球面あるいは2次曲面でも良い。

【0056】また、それらの光学面にプラスチック等の膜を上記回折型光学素子面として添付する方法(いわゆるレプリカ非球面)で作成しても良い。これによれば高い光学性能を容易に得ることができる。

【0057】(7-11) 回折型光学素子のパワーを強くすると中心と周辺の鋸状(格子形状)のピッチの差が大きくなり製作が難しくなり、また完成品の回折効率も良くない。

【0058】本発明のように、第1群または第2群また

$$0.8 < Z_2 / Z < 1.1$$

$$0.9 < M_2 / M_4 < 1.5$$

$$0.4 < M_2 / (f_t - f_w) < 1.5 \quad \dots\dots (11)$$

(9)式は変倍群となる第2レンズ群と第4レンズ群での変倍の比を適切に規定するものである。第3レンズ群は変倍に際し減倍するためこの範囲にあるのが好ましい。

【0062】(10)、(11)式はレンズ全体の長さとか変倍群の移動量を適切にするものである。特に第2レンズ群と第4レンズ群とでは第4レンズ群の方がパワーが弱くなりがちであるので適切な変倍分担をするにはこの範囲が好ましい。特に第2レンズ群の移動量が第4レンズ群の移動量を超えていることが更に好ましい($1 \leq M_2 / M_4 < 1.6$)。

【0063】(7-13) 上述したように第2レンズ群と第4レンズ群とでは第4レンズ群の方がパワーが弱くなりがちであり特に以下の式を満たすのが良い。

【0064】

$$0.4 < f_2 / f_4 < 1.5 \quad \dots\dots (12)$$

ここでC1は第1群にある回折型光学素子の係数である。C1は回折型光学素子の近軸的屈折力を表しC1が正の値を持つときは負の屈折力を持ち、C1が負の値を持つときは正の屈折力を有する。この式を満たしていれば回折型光学素子が正レンズ群にある時も、負レンズ群にある時もその群の曲率を緩く出来収差補正上有効である。

【0052】(7-8) 回折型光学素子の係数を次の条件を満足するように設定するのが良い。

【0053】

$$1 \times 10^{-4} < |C_2 / C_1| < 1 \quad \dots\dots (6)$$

$$1 \times 10^{-7} < |C_3 / C_1| < 1 \times 10^{-1} \quad \dots\dots (7)$$

は第3群の貼り合わせ等の色消しレンズの代わりの色収差補正を回折光学系で行う場合のパワーは余り必要ではない。

【0059】ここで若干の軸外収差特に像面湾曲、ディストーション補正のためにパワーを持たせても良い。その場合の第iレンズ群の回折光学面の焦点距離をF_{boi}、第iレンズ群の焦点距離をF_iとすると以下の条件を満たしていれば製作についても難しくなく、色収差を含めた収差補正にも良好である。

【0060】

$$0.05 < F_i / F_{boi} < 3.0 \quad \dots\dots (8)$$

但しi=1~5である。

【0061】(7-12) 主変倍群である第2レンズ群については以下の式を満たすのが良い。第2レンズ群の広角端と望遠端の倍率を各々β_{2W}、β_{2T}、第2レンズ群の倍率変化β_{2t}/β_{2w}をZ₂、全系の焦点距離の変化f_t/f_wをZとし、変倍群となる第2レンズ群と第4レンズ群のズーミングでの移動量をそれぞれM₂、M₄とすると

$$\dots\dots (9)$$

$$\dots\dots (10)$$

$$\dots\dots (11)$$

(12)は主変倍群のパワー配置と変倍を適切にしながらベッツバル和を適当に設定するのに必要な式である。

【0065】(7-14) 全系の射出瞳と、歪曲を適当に設定するには、以下の式を満たしているのが好ましい。

【0066】

$$0.1 < b f / f_5 < 0.5 \quad \dots\dots (13)$$

$$0.5 < |f_1| / b f < 2.2 \quad \dots\dots (14)$$

b fは第5レンズ群から表示体(LCD)までのきょりでありダイクロプリズム等を除いた空気換算長のことである。(13)式は全系を適切にテレセントリックにするために必要な式である。上限値を超えると大型化し、下限値を超えると歪曲が発生する。第14式も歪曲を適切にとりながら射出瞳を長くしてテレセントリックにするための条件である。

【0067】(7-15) 各群のパワー配置を適切にしつつ

各群の移動量を適切にして、小型化をするには以下の式を満たすのが好ましい。

【0068】

【数3】

$$0.7 < |f1| / \sqrt{(fw \times ft)} < 2.1 \dots\dots (15)$$

歪曲収差は第1群において十分に押さえておくと共に、バックフォーカスを十分に確保することが必要である。

【0069】上限値を超えるとフォーカシングのための移動量が大きくなり全長が長大化し、かつバックフォーカスが短くなり好ましくない。逆に、下限値を超えるとフォーカシングのための移動量は少なくなるものの、歪

曲収差の補正が困難になると同時にベッツバール和が負に大きくなり像面が倒れてくるので好ましくない。

【0070】(7-16) 第i群の焦点距離をfi、広角端と望遠端での焦点距離を各々fw、ftとすると

【0071】

【数4】

$$0.6 < |f3| / \sqrt{(fw \times ft)} < 1.4 \dots\dots (16)$$

$$0.8 < f4 / \sqrt{(fw \times ft)} < 1.8 \dots\dots (17)$$

$$1.5 < f5 / \sqrt{(fw \times ft)} < 6.0 \dots\dots (18)$$

を満足することである。

【0072】(16)、(17)式は変倍に寄与するレンズ群の適切なパワー配置を示したものである。それぞれの上限値を超えると所望のズーム比を得るための移動量が大きくなり、レンズ系全体が大型化し適切でない。また下限値を超えると各群の移動量は小さくなるが、ズームングに伴う収差変動、特に像面湾曲の変動が大きくなり適当でない。

【0073】(18)式は(13)式とともに射出瞳を長くしてテレセントリックにするために必要な条件である。下限値を超えると、テレセントリックに構成しても第5群にて歪曲収差が発生して適当でない。また上限値を超えると全系の大きさが大型化し適当でない。

【0074】(7-17)ズームングにおける倍率色収差を低減しつつ、変動も抑えるために第3レンズ群に材質のアップベ数 ν_3 が以下の範囲のレンズを有することが好ましい。

$$\nu_3 > 55 \dots\dots (19)$$

特に好ましくは

$$\nu_3 > 60 \dots\dots (19a)$$

の範囲のレンズがあることが好ましい。

【0076】(7-18)また第1レンズ群を構成する負レンズの平均アップベ数 ν_{1n} は

$$\nu_{1n} > 60 \dots\dots (20)$$

とするのが良い。このように構成することにより色収差とそのズームングによる変動を小さくすることができる。

【0077】(7-19)最適にテレセントリック系にしつつ、レンズからパネルまでの距離を最適にするために以下の条件を満たすのが好ましい。

$$2 < f5 / fw < 7 \dots\dots (21)$$

下限値を超えると最適なテレセントリック性を満足できず、上限値を超えると大型化して適当でない。

【0079】(7-20)一般に回折光学素子面は、通常のレンズの屈折により発生する色収差と反対の色収差が発

生する。例えば、従来貼り合わせレンズ面等により色消しを行っていたレンズのを除去し、レンズ枚数の削減をする場合は、その貼り合わせレンズ面で発生していた色収差分担と反対の色収差分担を有するレンズ面を回折光学素子面とするのがよい。そうすれば通常の屈折により発生する色収差と反対の色収差が回折光学素子面上で発生し、その方向は元々あった貼り合わせレンズ面での色収差発生方向と同じ物となり、貼り合わせ等の色消しが単レンズ上にて可能となる。

【0080】色収差係数(注)といった観点から見ると、絞より物体側のレンズ面では、軸上色収差係数Lと倍率色収差係数Tが同一符号のレンズ面に回折光学面を配置し、絞より像面側のレンズ面では双方が逆符号のレンズ面に回折光学面を配置するのが好ましい

(注)収差係数：共立出版株式会社「レンズ設計法」松居吉哉著 p89参照)。

【0081】また回折効率を改善するためには以下で説明するような積層構造の回折光学素子にするのが良い。

【0082】図17は図16に示す1層の回折光学素子の一次回折効率の波長依存特性を示している。実際の回折格子の構成は基材102の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、樹脂部に波長530nmで1次回折効率が100%となるような格子厚dの格子103を成形している。

【0083】図17で明らかなように設計次数での回折効率は最適化した波長530nmから離れるに従って低下し、一方設計次数近傍の次数0次、2次回折光が増大している。この設計次数以外の回折光の増加は、フレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。

【0084】図18は本実施形態で用いている積層型の回折光学素子の説明図である。図19はこの構成の回折光学素子の1次回折効率の波長依存特性である。具体的な構成としては、基材上に紫外線硬化樹脂($n_d=1.499$ 、 $\nu_d=54$)からなる第1の回折格子104を構成し、その上に別の紫外線硬化樹脂($n_d=1.598$ 、 $\nu_d=28$)からなる第2の回折格子105を形成している。この材質の組

み合わせでは、第1の回折格子部の格子厚 d_1 は $d_1 = 13.8\mu\text{m}$ 、第2の回折格子部の格子厚 d_2 は $d_2 = 10.5\mu\text{m}$ としている。

【0085】図19から判るように積層構造の回折格子にすることで、設計次数の回折効率、使用波長全域で95%以上の高い回折効率を有している。

【0086】このように、本発明の実施例の回折光学素子として積層構造の回折格子を用いることで、光学性能を改善させている。

【0087】なお回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものでなく、他のプラスチック材なども使用できるし、基材によっては、第1の回折格子部104を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、材料の組み合わせでは図20に示すように2つの格子厚を等しくできる。この場合、回折光学素子表面に格子形状が形成されないので、防塵性に優れ、回折光学素子の組み立て作業性が向上し、より安価な光学系を提供できる。

【0088】本実施形態では以上のような構成の回折光学素子を用いることによって色収差を低減し、構成レンズ枚数を削減でき、良好な光学性能を維持しつつ更なる小型化を達成している。

【0089】以下に、本発明の数値実施例を記載する。数値実施例において、 R_i は第1共役点側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、 D_i は第1共役点側より順に第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、 N_i と n_i はそれぞれ第1共役点側より順に第 i 番目のレンズのガラスの屈折率とアッペ数である。

【0090】また、数値実施例1～5における最も像面側の平板レンズは、色合成プリズム、偏光フィルター、カラーフィルター等のガラスブロックを示す。又、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表-1に示す。

【0091】回折型光学素子面は、位相 $\phi(h)$ として $\phi(h) = 2\pi/\lambda (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + C_3 \cdot h^6 + \dots + C_i \cdot h^{2i})$

但し、 λ : 波長

C_i : 位相を表す係数

h : 光軸からの高さ

なる式で表している。また、例えば「 $e-Z$ 」の表示は「 10^{-2} 」を意味する。

【0092】

【外1】

第1実施例

 $f = 33.29 \sim 42.1$ $fno = 1 : 1.8 \sim 2.1$ $2\omega = 54.1 \sim 44.0$

r 1=	81.480	d 1=	7.30	n 1=	1.51633	v 1=	64.1
r 2=	-215.459	d 2=	0.20				
r 3=	127.474	d 3=	2.50	n 2=	1.51633	v 2=	64.1
r 4=	27.081	d 4=	10.34				
r 5=	-45.890	d 5=	2.00	n 3=	1.51633	v 3=	64.1
r 6=	41.527	d 6=	可変				
r 7=	97.271	d 7=	5.00	n 4=	1.72000	v 4=	50.2
r 8=	-100.178	d 8=	14.08				
r 9=	51.581	d 9=	8.00	n 5=	1.69680	v 5=	55.5
r 10=	-38.917	d 10=	1.40	n 6=	1.80518	v 6=	25.4
r 11=	-76.413 (絞り)	d 11=	可変				
r 12=	-44.205	d 12=	1.30	n 7=	1.51633	v 7=	64.1
r 13=	34.093	d 13=	2.50	n 8=	1.80518	v 8=	25.4
r 14=	41.389	d 14=	可変				
r 15=	-521.789	d 15=	12.00	n 9=	1.69680	v 9=	55.5
r 16=	-20.868	d 16=	2.00	n 10=	1.80518	v 10=	25.4
r 17=	-45.034	d 17=	0.20				
r 18=	387.807	d 18=	5.00	n 11=	1.60311	v 11=	60.6
r 19=	-99.188	d 19=	可変				
r 20=	57.149	d 20=	6.00	n 12=	1.60311	v 12=	60.6
r 21=	190.809	d 21=	7.10				
r 22=	∞	d 22=	32.00	n 13=	1.51633	v 13=	64.2
r 23=	∞						

r22, r23=GB

焦点距離 可変間隔	33.31	37.70	42.11
d 6	10.31	7.62	5.59
d 11	10.98	15.58	20.10
d 14	11.53	8.47	5.13
d 19	1.00	2.14	3.00

第3面回折面

 C1
9.78669D-05

 C2
-2.01981D-07

 C3
2.77808D-10

第2実施例

f = 33.22~42.12 fno = 1 : 1.8~2.07 2ω = 54.2~43.96

r 1=	93.741	d 1=	7.30	n 1=	1.51805	v 1=	64.1
r 2=	-150.853	d 2=	0.20				
r 3=	123.856	d 3=	2.20	n 2=	1.51805	v 2=	64.1
r 4=	23.512	d 4=	12.55				
r 5=	-30.818	d 5=	2.00	n 3=	1.51805	v 3=	64.1
r 6=	40.912	d 6=	3.18				
r 7=	58.842	d 7=	5.00	n 4=	1.72305	v 4=	50.2
r 8=	-91.111	d 8=	可変				
r 9=	63.692	d 9=	7.00	n 5=	1.69948	v 5=	55.5
r10=	-32.601	d10=	1.40	n 6=	1.81185	v 6=	25.4
r11=	-60.065(絞り)	d11=	可変				
r12=	-31.727	d12=	1.30	n 7=	1.51805	v 7=	64.1
r13=	68.198	d13=	可変				
r14=	-378.228	d14=	13.00	n 8=	1.69948	v 8=	55.5
r15=	-21.251	d15=	2.00	n 9=	1.81185	v 9=	25.4
r16=	-40.023	d16=	0.20				
r17=	132.292	d17=	7.00	n10=	1.80524	v10=	60.6
r18=	-100.879	d18=	可変				
r19=	68.011	d19=	7.00	n11=	1.60524	v11=	60.6
r20=	510.719	d20=	7.10				
r21=	∞	d21=	32.00	n12=	1.51805	v12=	64.2
r22=	∞						

r21, r22=GB

焦点距離 可変範囲	33.22	36.72	42.12
d 8	11.10	5.67	1.59
d 11	20.02	24.44	30.51
d 13	5.29	5.57	9.09
d 18	1.00	1.66	2.17

第3面回折面

C1
2.54526D-04C2
-3.86445D-07C3
5.88585D-10

第3実施例

f = 33.37~44.28 fno = 1 : 1.8~2.09 2ω = 54.0~42.0

r 1=	89.975	d 1=	7.30	n 1=	1.51805	v 1=	64.1
r 2=	-163.245	d 2=	0.20				
r 3=	146.242	d 3=	2.20	n 2=	1.51805	v 2=	64.1
r 4=	22.688	d 4=	11.79				
r 5=	-32.879	d 5=	2.00	n 3=	1.51805	v 3=	64.1
r 6=	44.145	d 6=	3.12				
r 7=	60.547	d 7=	5.00	n 4=	1.72305	v 4=	50.2
r 8=	-94.905	d 8=	可変				
r 9=	84.610	d 9=	7.00	n 5=	1.69948	v 5=	55.5
r10=	-33.155	d10=	1.40	n 6=	1.81185	v 6=	25.4
r11=	-68.703(絞り)	d11=	可変				
r12=	-39.174	d12=	1.30	n 7=	1.48898	v 7=	70.2
r13=	70.120	d13=	可変				
r14=	-697.328	d14=	13.00	n 8=	1.69948	v 8=	55.5
r15=	-21.251	d15=	2.00	n 9=	1.81185	v 9=	25.4
r16=	-39.476	d16=	0.20				
r17=	128.348	d17=	6.00	n10=	1.60524	v10=	60.6
r18=	-109.879	d18=	可変				
r19=	50.848	d19=	6.00	n11=	1.60524	v11=	60.6
r20=	91.843	d20=	7.10				
r21=	∞	d21=	32.00	n12=	1.51805	v12=	64.2
r22=	∞						

r21, r22=GB

焦点距離 可変距離	33.37	37.19	42.28
d 8	10.13	5.26	1.58
d 11	19.69	24.85	31.02
d 13	7.07	6.85	3.52
d 18	1.00	1.44	1.76

第3面回折面

C1

2.88580D-04

C2

-5.05548D-07

C3

1.02969D-09

第19面回折面

C1

-6.81775D-05

C2

1.97625D-07

C3

-1.01580D-10

第4実施例

 $f = 33.24 \sim 42.30$ $fno = 1 : 1.8 \sim 2.07$ $2\omega = 54.2 \sim 43.78$

r 1= 76.274	d 1= 7.30	n 1=1.51805	v 1= 64.1
r 2= -173.754	d 2= 0.20		
r 3= 134.762	d 3= 2.20	n 2=1.51805	v 2= 64.1
r 4= 22.281	d 4= 13.01		
r 5= -29.890	d 5= 2.00	n 3=1.51805	v 3= 64.1
r 6= 35.723	d 6= 0.95		
r 7= 40.813	d 7= 6.00	n 4=1.72305	v 4= 50.2
r 8= -103.044	d 8=可変		
r 9= ∞	d 9= 1.50	n 5=1.51805	v 5= 64.1
r10= ∞	d10= 0.50		
r11= 68.588	d11= 1.00	n 6=1.69948	v 6= 55.5
r12= -59.096	d12= 1.40	n 7=1.81185	v 7= 25.4
r13= -68.564 (絞り)	d13=可変		
r14= -32.062	d14= 1.30	n 8=1.48898	v 8= 70.2
r15= 73.326	d15=可変		
r16= -174.341	d16= 12.50	n 9=1.69948	v 9= 55.5
r17= -21.251	d17= 2.00	n10=1.81185	v10= 25.4
r18= -38.182	d18= 0.20		
r19= 102.982	d19= 6.00	n11=1.60524	v11= 60.6
r20= -127.656	d20=可変		
r21= 68.423	d21= 6.00	n12=1.60524	v12= 60.6
r22= 406.902	d22= 7.10	n13=1.51805	v13= 64.2
r23= ∞	d23= 32.00		
r24= ∞			

r23, r24=GB

焦点距離 可変距離	33.25	37.10	42.31
d 8	11.19	5.82	1.84
d 13	18.68	23.40	29.36
d 15	5.95	5.83	3.46
d 20	1.00	1.77	2.96

第3面回折面

C1 C2 C3
5.27641D-04 -7.27657D-07 8.51180D-10

第9面回折面

C1 C2 C3
-6.51658D-04 4.44622D-07 3.02396D-10

第5实施例

f = 33.30~42.33 fno = 1:1.8~2.06 2 ω = 54.1~42.76

r 1= 62.031	d 1= 9.00	n 1=1.51805	v 1= 64.1
r 2= -237.395	d 2= 0.40		
r 3= 132.374	d 3= 2.20	n 2=1.51805	v 2= 64.1
r 4= 28.785	d 4= 12.91		
r 5= -34.574	d 5= 2.00	n 3=1.51805	v 3= 64.1
r 6= 41.772	d 6= 5.18		
r 7= 66.677	d 7= 5.00	n 4=1.72305	v 4= 50.2
r 8= -144.808	d 8=可变		
r 9= 68.758	d 9= 7.00	n 5=1.69948	v 5= 55.5
r10= -29.259	d10= 1.40	n 6=1.81185	v 6= 25.4
r11= -58.639(絞り)	d11=可变		
r12= -30.217	d12= 1.30	n 7=1.48898	v 7= 70.2
r13= 79.640	d13=可变		
r14= -935.943	d14= 13.00	n 8=1.69948	v 8= 55.5
r15= -21.251	d15= 2.00	n 9=1.81185	v 9= 25.4
r16= -37.510	d16= 0.20		
r17= 95.028	d17= 6.00	n10=1.60524	v10= 60.6
r18= -176.394	d18=可变		
r19= 60.531	d19= 6.00	n11=1.60524	v11= 60.6
r20= 124.077	d20= 7.10	n12=1.51805	v12= 64.2
r21= ∞	d21= 32.00		
r22= ∞			

r21, r22=GB

焦点距離 可変間隔	33.30	37.85	42.33
d 8	11.27	5.56	1.25
d 11	21.99	27.04	31.35
d 13	6.17	5.21	3.58
d 18	1.00	1.96	3.59

第3面回折面

C1
4.68083D-04C2
-4.55072D-07C3
5.17981D-10

第7面回折面

C1
1.79630D-05C2
2.26701D-07C3
-1.32203D-10

bo	12	14	15	16	18
条件式	1	2	3	4	5
$\beta 2w$	-1.3339	-0.9717	-1.0331	-1.0054	-1.0749
$\beta 2t$	-1.6434	-1.199	-1.2507	-1.2557	-1.3842
$\beta 4w$	-0.2459	-0.5954	-0.491	-0.4781	-0.5138
$\beta 4t$	-0.2845	-0.6232	-0.5097	-0.5079	-0.58
$Z(=f/f_w)$	1.26485	1.26774	1.266922	1.272506	1.27113
$Z2$	1.232026	1.23392	1.210828	1.248958	1.269141
$Z4$	1.156974	1.046681	1.038086	1.066793	1.128844
15 $f1/\sqrt{f_w f_t}$	-0.89123	-1.75977	-1.80068	-1.74865	-1.73693
2 $f2/\sqrt{f_w f_t}$	0.892517	1.304911	1.352071	1.283969	1.352646
16 $f3/\sqrt{f_w f_t}$	-1.16589	-1.1125	-1.22099	-1.21153	-1.18851
17 $f4/\sqrt{f_w f_t}$	1.383112	1.122101	1.087375	1.140988	1.042183
18 $f5/\sqrt{f_w f_t}$	3.540393	3.445142	4.859265	3.599603	5.021853
12 $f2/f4$	0.645298	1.162918	1.243427	1.125315	1.297897
4 $f1/f_w$	-1.00225	-1.9814	-2.02703	-1.97257	-1.95829
1 $f1/f2$	-0.99856	-1.34858	-1.33194	-1.38191	-1.2841
9 $Z2/Z$	0.974203	0.973322	0.955566	0.981493	0.998436
10 $M2/M4$	2.35945	8.172115	11.18705	7.026132	4.028117
13 $bf/f5$	0.284965	0.293431	0.215861	0.279953	0.200228
14 $f1/bf$	-0.88338	-1.74078	-1.79058	-1.73525	-1.72737
11 $M2/(f_t - f_w)$	-0.53557	-1.07083	-0.98009	-1.05353	-1.10973
21 $f5/f_w$	3.981408	3.679022	5.244359	4.060547	5.661869
3 $tk(\text{min})/f_w$	-6.54831	-23.389	-23.5523	-17.9448	-24.6082
$f1/f_{bol} 1$	-0.12949	-0.24486	-0.20312	-0.18733	-0.19833
8 $f1/f_{bol}$				0.058745	0.246878
tkinair					
f_w	33.293	33.221	33.373	33.247	33.3029
f_t	42.104	42.1158	42.281	42.307	42.3323
$f1$	-33.388	-65.824	-67.648	-65.582	-65.2169
$f2$	33.416	48.81	50.789	48.155	50.788
$f3$	-43.651	-41.613	-45.865	-45.4376	-44.625
$f4$	51.784	41.972	40.846	42.792	39.131
$f5$	132.553	128.865	175.02	135.001	188.56
$bf(\text{inair})$	37.773	37.813	37.78	37.794	37.755
$tk(\text{air})$	-218.013	-777.006	-788.012	-596.611	-819.526
$M2$	-4.7189	-9.5249	-8.5525	-9.545	-10.0202
$M4$	-2	-1.1855	-0.7645	-1.3585	-2.4888
$\sqrt{f_w f_t}$	37.4402	37.40484	37.56386	37.50441	37.54715
M3=0					
$f_{bol} 1$	257.882	268.819	333.037	350.069	328.83
2				819.72	
3					
4					158.5035
5			83.186		
6 $C2/C1$	-2.06E-03	-1.52E-03	-1.75E-03	-1.38E-03	-0.76E-04
7 $C3/C1$	2.78E-06	2.31E-06	3.57E-06	1.61E-06	1.11E-06
$C2/C1$			-3.13E-03	-6.82E-04	0.0126
$C3/C1$			1.61E-06	-4.64E-07	7.36E-06

【0098】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、全体として5つのレンズ群を有し、このうち所定のレンズ群に回折光学素子を適切に設定することにより、非点収差及び歪曲収差が少なく、かつ、高精細の液晶に対応した倍率色収差が良好に補正したバックフォーカスの長いテレセントリック系のズームレンズを達成している。

【0099】特に本発明によれば、以上説明したように

構成することにより、変倍比1.3以上で $FN \approx 1.8$ 程度と大口径を確保しながらも非点収差及び歪曲収差が少なく、かつ、色合成用プリズム等の光学素子や各種フィルターの光学素子が入るバックフォーカス空間を十分に確保しつつ、倍率色収差が良好に補正され全ズーム域・全物体距離にわたって良好な性能を有するテレセントリックな光学系のズームレンズを実現し、合わせて該ズームレンズに適した液晶ビデオプロジェクターを実現する

ことができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図
- 【図2】本発明の数値実施例1の広角端の収差図
- 【図3】本発明の数値実施例1の望遠端の収差図
- 【図4】本発明の数値実施例2のレンズ断面図
- 【図5】本発明の数値実施例2の広角端の収差図
- 【図6】本発明の数値実施例2の望遠端の収差図
- 【図7】本発明の数値実施例3のレンズ断面図
- 【図8】本発明の数値実施例3の広角端の収差図
- 【図9】本発明の数値実施例3の望遠端の収差図
- 【図10】本発明の数値実施例4のレンズ断面図
- 【図11】本発明の数値実施例4の広角端の収差図
- 【図12】本発明の数値実施例4の望遠端の収差図
- 【図13】本発明の数値実施例5のレンズ断面図
- 【図14】本発明の数値実施例5の広角端の収差図
- 【図15】本発明の数値実施例5の望遠端の収差図
- 【図16】従来の回折光学素子の要部断面図

【図17】従来の回折光学素子の回折効率の説明図

【図18】本発明に係る回折光学素子の説明図

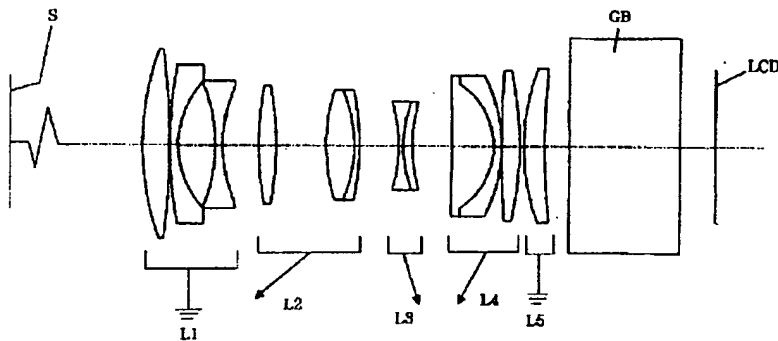
【図19】本発明に係る回折光学素子の回折効率の説明図

【図20】本発明に係る回折光学素子の説明図

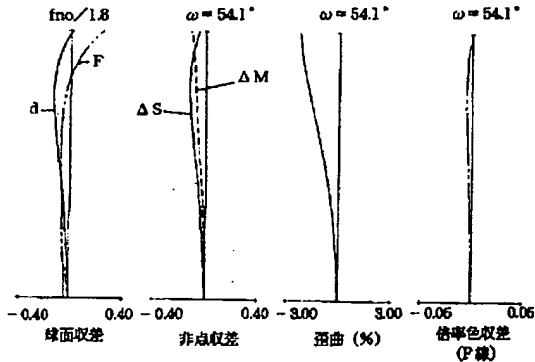
【符号の説明】

- L1 第1群
- L2 第2群
- L3 第3群
- L4 第4群
- L5 第5群
- LCD 像面
- d d線
- g g線
- ΔS サジタル像面
- ΔM メリディオナル像面
- S スクリーン

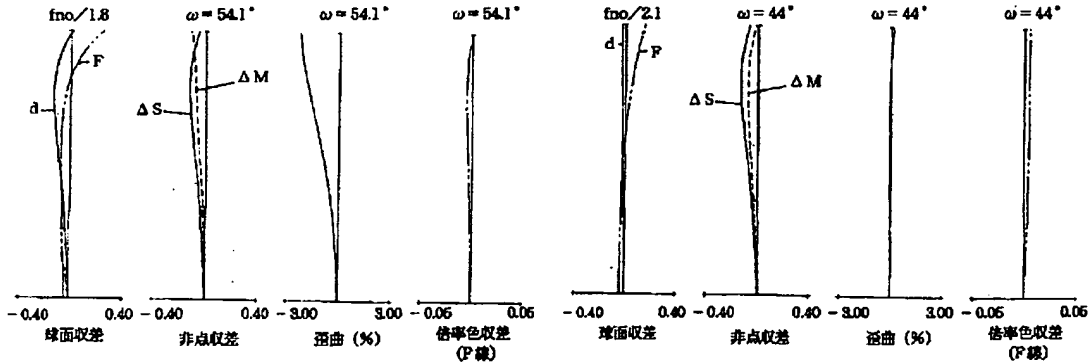
【図1】



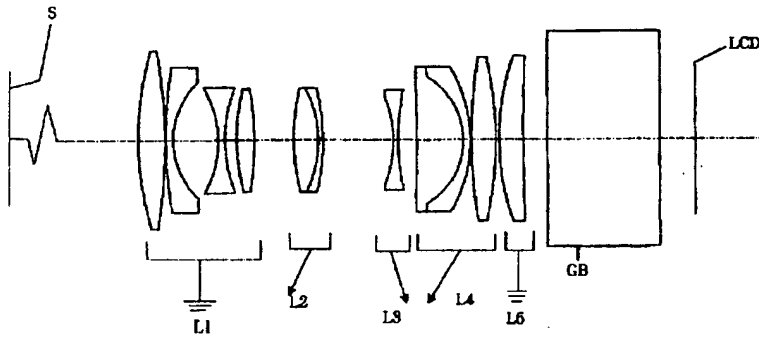
【図2】



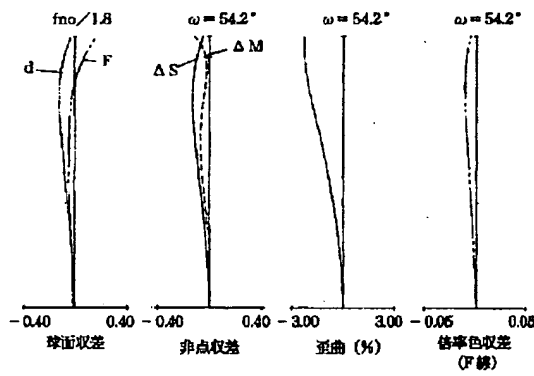
【図3】



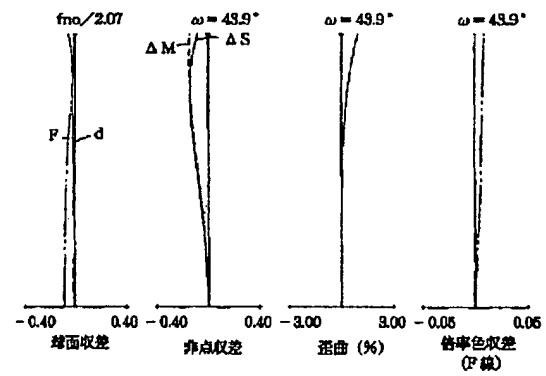
【図4】



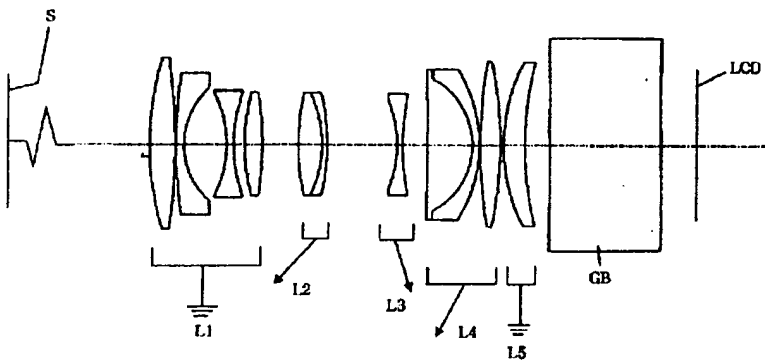
【図5】



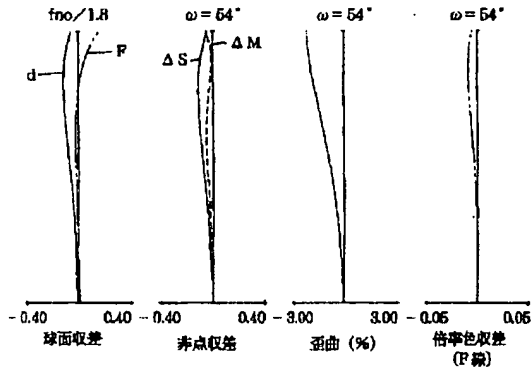
【図6】



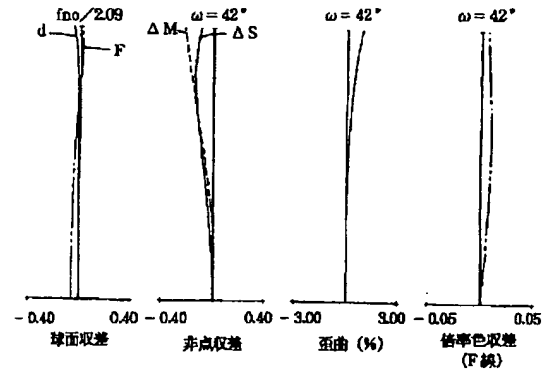
【図7】



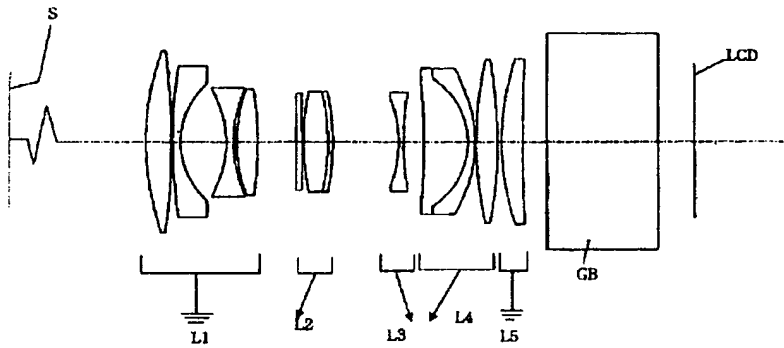
【图8】



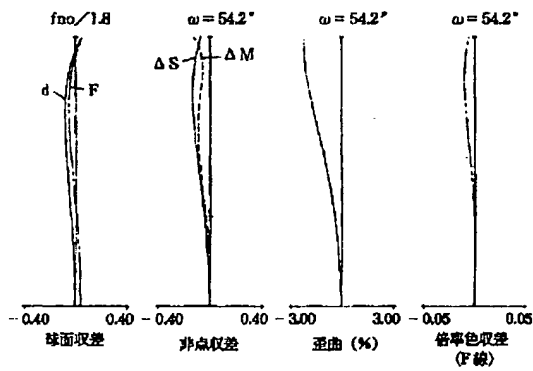
【图9】



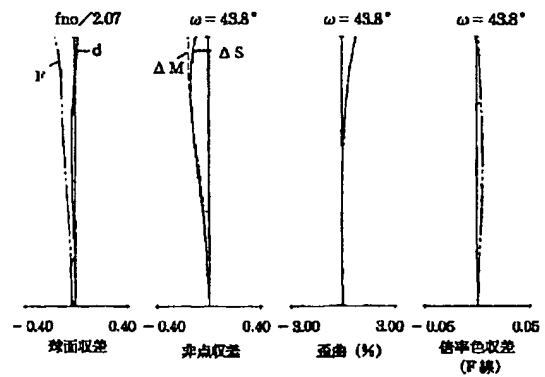
【图10】



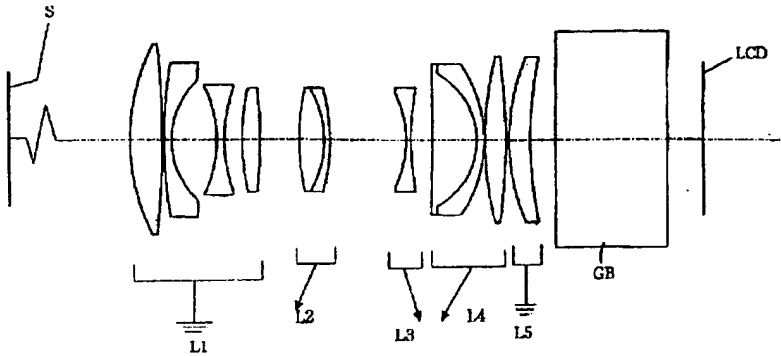
【图11】



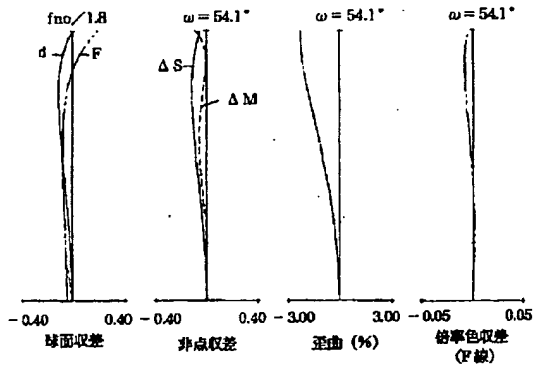
【图12】



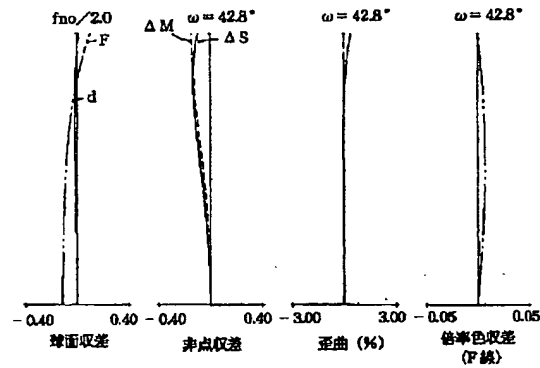
【图13】



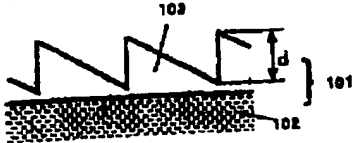
【图14】



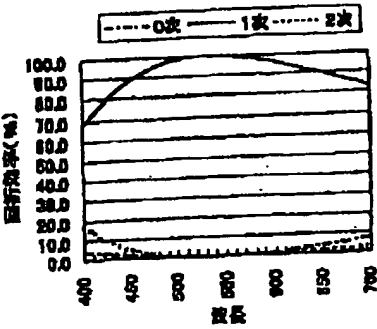
【图15】



【图16】

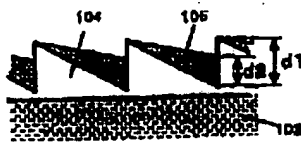


【图17】

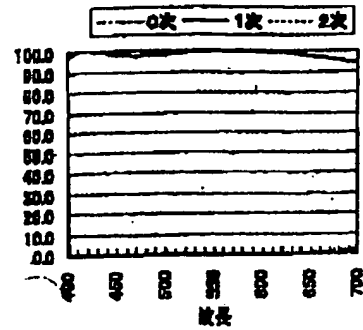


(18) #2000-19400 (P2000-1945

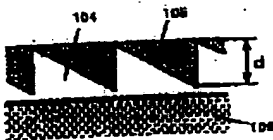
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H049 AA04

2H087 KA06 LA01 MA12 NA02 PA09
 PA19 PA20 PB11 PB12 QA02
 QA06 QA14 QA22 QA26 QA32
 QA41 QA46 RA01 RA41 RA43
 RA46 SA44 SA46 SA50 SA52
 SA55 SA63 SA65 SA72 SA74
 SA76 SB04 SB05 SB13 SB14
 SB22 SB23 SB34 SB42